

#4

PATENT  
Docket No. 12219/7

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

APPLICANTS: Yuji Miyauchi  
SERIAL NO. : 10/050,881  
FILED : January 18, 2002  
FOR : Image Pickup System

ASSISTANT COMMISSIONER  
FOR PATENTS  
Washington, D.C. 20231

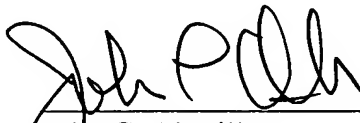
**CLAIM TO CONVENTION PRIORITY UNDER 35 U.S.C. § 119**

SIR:

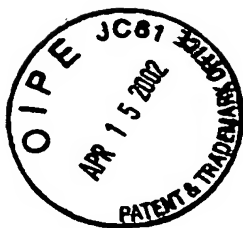
The Convention Priority Date of Japanese Patent Application No. 2001-009950 filed in Japan on January 18, 2001, was claimed in the Declaration/Power of Attorney filed herewith. To complete the claim to the Convention Priority Date of said Japanese Patent Applications, a certified copy thereof is submitted herewith.

Respectfully submitted,

Dated: April 15, 2002

  
John C. Altmiller  
(Reg. No. 25,951)

KENYON & KENYON  
1500 K Street, N.W., Suite 700  
Washington, DC 20005-1257  
Tel: (202) 220-4200  
Fax: (202) 220-4201



06100602~

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 1月18日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-009950

出 願 人

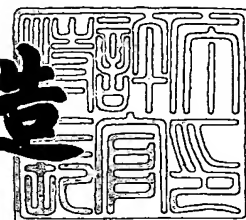
Applicant(s):

オリンパス光学工業株式会社

2001年12月28日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3111502

【書類名】 特許願

【整理番号】 00P02881

【提出日】 平成13年 1月18日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04N 5/232

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号  
オリンパス光学工業株式会社内

【氏名】 宮内 裕司

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号  
オリンパス光学工業株式会社内

【氏名】 高田 勝啓

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号  
オリンパス光学工業株式会社内

【氏名】 小林 祐子

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号  
オリンパス光学工業株式会社内

【氏名】 猪山 紀之

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号  
オリンパス光学工業株式会社内

【氏名】 山梨 隆則

【特許出願人】

【識別番号】 000000376

【氏名又は名称】 オリンパス光学工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100097777

【弁理士】

【氏名又は名称】 菫澤 弘

【選任した代理人】

【識別番号】 100088041

【弁理士】

【氏名又は名称】 阿部龍吉

【選任した代理人】

【識別番号】 100092495

【弁理士】

【氏名又は名称】 蛭川昌信

【選任した代理人】

【識別番号】 100092509

【弁理士】

【氏名又は名称】 白井博樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100095120

【弁理士】

【氏名又は名称】 内田亘彦

【選任した代理人】

【識別番号】 100095980

【弁理士】

【氏名又は名称】 菅井英雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100094787

【弁理士】

【氏名又は名称】 青木健二

【選任した代理人】

【識別番号】 100091971

【弁理士】

【氏名又は名称】 米澤 明

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014960

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9102411

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 撮像装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被写体の像を形成する結像光学系と、前記結像光学系の像側に配され前記像の画像情報を得る電子撮像素子とを有する撮像装置において、

前記電子撮像素子の撮像面上における最も軸外に入射する最軸外主光線と前記撮像面の中心に入射する軸上主光線とのなす角が以下の条件（１）、（２）を満足し、前記撮像素子は以下の条件（３）を満足することを特徴とする撮像装置。

$$(1) \quad 36^{\circ} < \omega_{wI} < 60^{\circ}$$

$$(2) \quad -15^{\circ} \leq \omega_{w0} < 10^{\circ}$$

$$(3) \quad 3.5 < N < 20 \quad [100 \text{ 万}]$$

ただし、 $\omega_{wI}$ は前記結像光学系の入射面における前記軸上主光線の入射方向と前記最軸外主光線の入射方向とのなす角であり、前記結像光学系が変倍光学系の場合はその広角端における角、 $\omega_{w0}$ は前記結像光学系の射出面における前記軸上主光線の射出方向と前記最軸外主光線の射出方向とのなす角であり、光軸から離れる方向の射出の場合は符号を負とし、前記結像光学系が変倍光学系の場合はその広角端における角、 $N$ は電子撮像素子の有効画素数（単位 100 万）若しくは信号処理による最大記録画素数（単位は 100 万）である。

【請求項 2】 前記結像光学系は以下の条件（４）を満足することを特徴とする請求項 1 記載の撮像装置。

$$(4) \quad 28^{\circ} < \omega_{wI} + \omega_{w0} < 45^{\circ}$$

【請求項 3】 前記電子撮像素子の撮像面の対角線長  $D$  は、以下の条件（５）を満足することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の撮像装置。

$$(5) \quad 5 \text{ mm} < D < 30 \text{ mm}$$

【請求項 4】 前記結像光学系は以下の条件（６）を満足する結像性能を有し、前記電子撮像素子は以下の条件（７）を満足することを特徴とする請求項 1 から 3 の何れか 1 項記載の撮像装置。

$$(6) \quad 1.05 < \phi_w / P \times \sqrt{(3.5 / N)} < 8.0$$

$$(7) \quad 0.0015 < P < 0.008 \quad [\text{mm}]$$

ただし、 $\phi_w$  は略画面中心における絞り開口値 F 5. 6、波長 e 一線での、光学ローパスフィルターによるローパス作用を除いた、光学系による点像強度分布の 90% エンサークルドエネルギーの直径の大きさ（単位は mm）であり、前記結像光学系が変倍光学系の場合はその広角端における直径、P は撮像素子の画素ピッチ（単位は mm）である。

【請求項 5】 前記結像光学系は無限遠物点の被写体に対して半画角が 36° 以上となる広角端を含むズームレンズであることを特徴とする請求項 1 から 4 の何れか 1 項記載の撮像装置。

【請求項 6】 前記結像光学系は以下の条件（8）を満足する結像性能を有することを特徴とする請求項 1 から 3 の何れか 1 項記載の撮像装置。

$$(8) \quad 1.5 < \phi_w / P < 8.0$$

ただし、 $\phi_w$  は略画面中心における絞り開口値 F 5. 6、波長 e 一線での、光学ローパスフィルターによるローパス作用を除いた、光学系による点像強度分布の 90% エンサークルドエネルギーの直径の大きさ（単位は mm）であり、前記結像光学系が変倍光学系の場合はその広角端における直径、P は撮像素子の画素ピッチ（単位は mm）である。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電子画像を得るための電子撮像素子を用いた撮像装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

結像光学系を用いて得られた像を CCD 等の電子撮像素子で画像情報に変換し、その情報を基にモニター上やプリンター等により像を再現し、観察できるデジタルカメラ等の撮像装置がある。現在市販されているデジタルカメラにおいては、安価な普及タイプのものから複雑な機能を備えたハイエンド機まで様々である。

【0003】

この中、普及タイプのものは、人間の一般的な視野範囲を撮影するものや、中望遠領域までをカバーするズームタイプの結像光学系を備えたものである。

【 0 0 0 4 】

一方、ハイエンド機に当たる機種は、銀塩カメラ用に設計された交換レンズを用いるものが主流であり、像位置にCCDを配する構成となっている。

【 0 0 0 5 】

また、高変倍ズームレンズを結像光学系として用いたハイエンドなデジタルカメラも存在するが、その撮像範囲は人間の一般的な視野範囲を広角端とするものである。

【 0 0 0 6 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、普及タイプのものや高変倍ズームレンズを用いたタイプのデジタルカメラでは、撮影可能な画角の中、広角端で撮影しても十分な視野を得ることができず、風景撮影のような広がりを持った被写体の撮影には不向きでなものである。

【 0 0 0 7 】

また、広角端の焦点距離よりも短い焦点距離を得るためのワイドコンバージョンレンズを撮影レンズに装着することで広角な範囲を撮影可能なものもあるが、光学系の結像性能を大きく劣化させることになる。また、デジタルカメラの場合、広範囲な風景等の高い空間周波数を持つ撮影の場合、普及タイプのデジタルカメラに用いられるCCDでは画素数の不足からその空間周波数を十分に再現できず、一般的な鑑賞サイズに引き伸ばしてプリントした場合の画質は鑑賞用には不向きである。

【 0 0 0 8 】

また、レンズ交換が可能なハイエンドなデジタルカメラにあっては、交換レンズの中、いわゆる広角レンズや超広角レンズと呼ばれるタイプのものを用いた場合、広範囲を撮影することは一応可能である。しかしながら、これらのレンズは銀塩フィルムに用いることが前提で設計されたものであるため、CCDの周辺部に入射する入射角が大きく、それによる画像の劣化が生じていた。



## 【 0 0 0 9 】

このように、従来より存在するデジタルカメラでは、風景等の高い空間周波数の被写体を撮影する場合、撮影範囲全体にわたって鮮鋭な画像を得ることが困難であり、解像感の不足や、撮像面周辺部分での画質が十分ではなかった。特に、鑑賞サイズに画像を引き伸ばしてプリントした場合に、画像の不鮮明さが顕著に現れ、到底銀塩写真の画質には達していない。

## 【 0 0 1 0 】

また、いわゆる輪郭強調の処理を施すことにより、見た目にシャープ感のある画像を得る手法が提供されている（特開平 5 - 3 4 7 7 3 0 号）。現在、コンシューマ用途に商品化されている撮像装置も、ほとんどがこの輪郭強調処理を用いており、一見してシャープな画像に見える。電気的にはほとんど無制限に輪郭強調処理を施すことは可能であるが、無理な強調処理をかけると、大きく拡大したとき極端に画像が劣化する。したがって、輪郭強調のレベルは極力低くしておくことが、画像の高品位化のためには望ましく、従来のコンシューマ用途の撮像装置では、この点からも到底銀塩写真の画質には達していない。

## 【 0 0 1 1 】

本発明は以上の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、コンバージョンレンズを用いることなく広い撮像範囲が得られると共に、空間周波数の高い風景等の撮影にて鑑賞サイズに引き伸ばしてプリントした場合であっても、画面の中心部ないし周辺部まで十分な画質と鮮鋭感、被写体の遠近感が得られる電子撮像装置を提供することである。

## 【 0 0 1 2 】

## 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成する本発明の第 1 の撮像装置は、被写体の像を形成する結像光学系と、前記結像光学系の像側に配され前記像の画像情報を得る電子撮像素子とを有する撮像装置において、

前記電子撮像素子の撮像面上における最も軸外に入射する最軸外主光線と前記撮像面の中心に入射する軸上主光線とのなす角が以下の条件（１）、（２）を満足し、前記撮像素子は以下の条件（３）を満足することを特徴とするものである

## 【 0 0 1 3 】

- (1)  $36^{\circ} < \omega_{wI} < 60^{\circ}$
- (2)  $-15^{\circ} \leq \omega_{wO} < 10^{\circ}$
- (3)  $3.5 < N < 20$  [100万]

ただし、 $\omega_{wI}$ は前記結像光学系の入射面における前記軸上主光線の入射方向と前記最軸外主光線の入射方向とのなす角であり、前記結像光学系が変倍光学系の場合はその広角端における角、 $\omega_{wO}$ は前記結像光学系の射出面における前記軸上主光線の射出方向と前記最軸外主光線の射出方向とのなす角であり、光軸から離れる方向の射出の場合は符号を負とし、前記結像光学系が変倍光学系の場合はその広角端における角、 $N$ は電子撮像素子の有効画素数（単位100万）若しくは信号処理による最大記録画素数（単位は100万）である。

## 【 0 0 1 4 】

この第1の撮像装置の作用を以下に説明する。

## 【 0 0 1 5 】

本発明は、風景写真のニーズである、広画角、高画質を達成し、かつ、この風景写真を鑑賞サイズまでプリントした場合であっても、銀塩写真と遜色のない電子撮像装置を達成することを目的としている。

## 【 0 0 1 6 】

まず、風景撮影において必要とされる撮影画角を検討する。

## 【 0 0 1 7 】

人間の通常の視野は、全視野で $50^{\circ}$  近辺であるが、リラックスした状態では、 $70^{\circ}$  程度まで広がる。また、それ以上の視野であればなお広がりを感じる。そのため、風景撮影においては $36^{\circ}$  以上の半画角を有することが望ましい。

## 【 0 0 1 8 】

条件(1)は、第1の撮像装置における前提部分を構成するものであり、風景撮影に求められる遠近感、画面全体の鮮鋭感を得るのに適した画角を規定したものである。(1)の下限の $36^{\circ}$ を越えると、近距離の被写体と遠方の被写体とを同時に撮影したときの十分な遠近感が得難くなる。また、近距離と遠距離の

被写体の双方を同時に焦点深度内に収めることが難しくなる。又は、双方でシャープな描写を得ようとする、撮影光学系における光束径を細くし、それによって撮像素子に光束を入射させる時間を長くする必要があるため、被写体ブレ等による像の劣化が生じやすくなる。また、絞りを絞り込むことによる回折の影響も無視できなくなる。一方、上限の $60^\circ$ を越えると、撮影光学系中の最軸外主光線の折り曲げ角が大きくなり、ディストーションが発生しやすく、かえって画質が劣化してしまう。又は、ディストーションを補正するために撮影光学系の構成をより複雑化させる必要が生じ、コストが高くなる。

## 【0019】

条件(2)は、撮像素子への入射光束を撮像面に対し略垂直に入射させる条件であり、上下限の $-15^\circ$ と $10^\circ$ を越えると、撮像された画像の周辺部で画像の劣化が起こりやすくなる。また、上限を越えると、最軸外主光線が光軸に向けて射出するため結像光学系の大型化や収差の悪化が起こりやすくなる。

## 【0020】

本発明における結像光学系は、上記(1)、(2)を同時に満たすことにより、風景撮影に適した電子画像撮影用の結像光学系を達成している。

## 【0021】

本発明は風景撮影したものを鑑賞サイズまで引き伸ばした場合に必要とされる画素数についても言及している。

## 【0022】

広範囲な被写体撮影では、標準画角の撮影に比べて空間周波数が高くなる。そのため、高いコントラストを得るためには画素数が通常の撮影よりも必要とされる。以下にそのことを説明する。

## 【0023】

人間の眼の標準的な角度分解能を $1'$ （視力1.0に対応）と考えると、この値は限界解像力を得る値であるから、画像に含まれるラインアンドスペースがシャープな画像として認識できる分解能はそれよりも下がったところ（大きい角度）にあると考えられる。例えば、その立体角を $1.67'$ （視力0.6に対応）程度と考えると、例えば40cm離れた位置から画像を観察するとき、0.19

4 mmの大きさまではシャープな像と認識できることになる。したがって、40 cm離れた位置からA4 (210 mm×297 mm) サイズのプリントを観察することを考えると、プリント画像をシャープな画像として認識するためには、A4のプリントに必要な画素数は約 $1100 \times 1500 = 165$ 万画素となる。この数値は、A4フルサイズのプリントであり、周囲に余白を10 mm程度とることを考えると、画素数は約140万画素になる。これ以下の画素数では、プリントのドットを明確に認識できるため、例えばエッジ像が直線でないとか、濃淡の変化が階段状に見える等により、低い画質と認識する。

## 【0024】

データ量は少なくとも、出力時に補間処理を施してプリントすることにより画像の画素数を上げることもできるが、補間処理の際に画質劣化は避けられず、エッジが鈍る等の現象を引き起こし、上記画素数を直接出力した画像とは画質の点で大きな差がある。

## 【0025】

一般に、プリント等の画像の大きさと観察距離には相関があり、小さい画像は近い距離で、大きな画像は離れた距離で観察することが自然である。画像の大きさと観察距離の関係が線型であれば、人が認識するシャープネスは、画素の大きさではなく、前述の立体角で決まる。したがって、上記では、必要な画素数の計算をA4サイズの画像で行ったが、異なる画像の大きさを求めても同じ結果を得る。

## 【0026】

しかし、A4の画像を観察する距離と比べ、A6サイズ(105 mm×149 mm)等の極端に小さな画像では、実際の観察距離は前述の関係より遠くなることが多く、したがって、A6等の画像サイズでは、必要な画素数は上記の165万画素を下回ることになる。

## 【0027】

さて、撮像素子を用いて作成された画像は、当然画像を構成する画素単位は一定であるため、その単位以上の高い空間周波数を有する物体は表現できない。種々の空間周波数のパターン部分を有するテストチャートを撮影した場合、最も線

幅の狭い部分でその線幅が画素ピッチに等しいパターンは全て分解して観察され、  
のに対して、線幅が画素ピッチを下回りその最も狭い線幅が画素ピッチの  $1/2$   
となる画素単位以上の高い空間周波数を有するパターンは、低周波の濃淡、いわ  
ゆるモアレが観察されるだけである。

## 【0028】

前述の計算で求めた画素数の画像では、プリントの最小画素単位を人間が高い  
コントラストで明確に認識できる。したがって、上述のテストチャートの観察の  
結果を一般画像に拡張すると、ある空間周波数までシャープに見え、最小画素単  
位以下の空間周波数が急激に分解しない画像になるため、画像のコントラストは  
高くても、グラデーションが十分表現できているとは認識できず、いわゆる荒れ  
感のある画像となる。

## 【0029】

一方、銀塩写真は、人間が感知する解像限界以下の大きさの粒子から、人間が  
シャープに認識できる大きさの粒子まで様々な大きさの粒子により構成されてお  
り、そのことによって、画像のコントラストだけではなく、画像のグラデーション  
を表現することができ、画像の高品位感に大きな影響を与えていると考えられ  
る。したがって、上記の画素数の画像では、写真画質を達成しているとは言い難  
い。

## 【0030】

グラデーション豊かな画像とするためには、人間が感知する解像限界に近い空  
間周波数まで表現しなければならない。我々はこの点に着目し、銀塩写真と等価  
な画質と見なすために必要な画素単位の大きさを検討した結果、画像を構成する  
最小画素単位は、前記の立体角  $1.67'$  に対応する画素単位では不十分であり、  
少なくとも立体角  $1.25'$ （視力  $0.8$ ）に対応する画素単位が必要である  
ことが分かった。もちろん、解像限界である  $1'$  の分解能に対応する画素単位、  
あるいは、さらに品位感を上げるために  $1'$  を下回る分解能で分解できる画素単  
位まであればなお良い。

## 【0031】

以下、シャープな画像と認識できる立体角に対応する画素単位大きさを「良

像限界画素単位」、グラデーション感を与えるために必要とする立体角に対応する画素単位大きさを「解像可能画素単位」、解像限界に対応する画素単位大きさを「解像限界画素単位」と呼ぶことにする。このとき、良像限界画素単位＞解像可能画素単位＞解像限界画素単位である。

#### 【0032】

この表現を用いると、前述の結果は、解像限界を1' とするとき、解像可能画素単位は立体角1.25' に対応する画素単位以下が必要となる。この場合、前述の方法と同様にして必要な画素数を求めると、用紙フルサイズ（A4）に対し約300万画素、余白を考えると約250万画素となる。

#### 【0033】

したがって、様々な被写体を撮影する汎用機としては、被写体が含む空間周波数の平均もそれ程高くないので、250万画素あれば実用上問題はないが、本発明のように非常に高い空間周波数を含む風景写真にウエイトを置くと、前述の解像可能画素単位をさらに小さくしておくことが必要である。

#### 【0034】

しかも、広範囲を撮影した風景写真では、観察者が臨場感を得るために、左右への広がり求められる。そのため、少なくとも40cm離れた位置からのA4フルサイズにおける高い画質の確保が必要となる。そのため、半画角が36°以上の広範囲な風景を撮影した場合における写真画質に必要な画素数は、350万画素を最低確保しておく必要があることが分かった。

#### 【0035】

条件（3）は、上記の検討に基づき撮像素子における有効画素数若しくは信号処理による最大記録画素数を規定するものである。式（3）の上限の2000万は、得られる画像データの大きさを考慮して設けたものであり、上限の2000万を越えて大きくなると、1枚の画像情報を保持しておく媒体に必要な記憶容量が極めて大きくなるため、小さい記憶容量の媒体に記憶させるためには圧縮率を大きくする必要が生じ、画質の劣化が避けられず、本発明の目的に反する。また、大容量の記憶媒体への書き込み装置を撮像装置に内蔵する場合には、装置全体が極めて大型化し、本発明の目的に反する。また、画像情報が大きくなりすぎる

と、画像データの転送速度や媒体への書き込み速度の低下が著しくなり、撮像装置としての機動性に著しい障害となり好ましくない。式(3)の下限の350万を越えて少なくなると、上述のように風景撮影における解像可能画素単位(グラデーション感を与えるために必要とする立体角に対応する画素単位の大きさ)を満たす画素数を下回ることになり、グラデーションが豊かで高品位な画像を与えることが困難になる。

## 【0036】

このように、本発明の撮像装置は、単に撮影画角を広くしたのみではなく、広角撮影のニーズが高い風景撮影において要求される、画面全体の画質(特に鮮鋭度)を十分に保つことを可能とする。

## 【0037】

本発明の第2の撮像装置は、第1の撮像装置において、前記結像光学系は以下の条件(4)を満足することを特徴とするものである。

## 【0038】

$$(4) \quad 28^\circ < \omega_{w1} + \omega_{w0} < 45^\circ$$

条件(4)は、結像光学系の最軸外主光線の最適な折り曲げ角を規定するものである。下限の $28^\circ$ を越えると、必要とされる画角が得られなくなるか、像周辺での撮像面入射角が適切でなくなる。上限の $45^\circ$ を越えると、最軸外主光線の折れ方が大きくなり、結像光学系の収差補正が難しくなる。

## 【0039】

本発明の第3の撮像装置は、第1又は第2の撮像装置において、前記電子撮像素子の撮像面の対角線長Dは、以下の条件(5)を満足することを特徴とするものである。

## 【0040】

$$(5) \quad 5\text{ mm} < D < 30\text{ mm}$$

式(5)は、結像光学系の大きさと画質とをバランスさせるための条件である。一般的に撮像面が大きい方がナイキスト周波数が低くなるため、結像性能は良くなるが、本発明のように電子撮像素子が350万以上の画素を有していれば、ナイキスト周波数が高くなる撮像面のサイズであってもグラデーションの良い良

好な画像が再生できる。撮像面が下限の5mmを越えて小さくなると、相対的に画素のピッチ（画素間距離）が短くなり、結像光学系の結像性能を高くする必要が生じ、製造誤差の影響を受けやすくなる。一方、上限の30mmを越えて大きくなると、先の条件（2）を満足するためには、光学系全体を大きく構成する必要が生じる。

## 【0041】

本発明の第4の撮像装置は、第1から第3の撮像装置において、前記結像光学系は以下の条件（6）を満足する結像性能を有し、前記電子撮像素子は以下の条件（7）を満足することを特徴とするものである。

## 【0042】

$$(6) \quad 1.05 < \phi_w / P \times \sqrt{(3.5/N)} < 8.0$$

$$(7) \quad 0.0015 < P < 0.008 \quad [\text{mm}]$$

ただし、 $\phi_w$  は略画面中心における絞り開口値F5.6、波長e-線での、光学ローパスフィルターによるローパス作用を除いた、光学系による点像強度分布（point spread function by amplitude）の90%エンサークルドエネルギーの直径の大きさ（単位はmm）であり、前記結像光学系が変倍光学系の場合はその広角端における直径、Pは撮像素子の画素ピッチ（単位はmm）である。

## 【0043】

上記式（6）は、解像可能画素単位（解像限界に対応する画素単位の大きさ）から算出した画素数を350万画素としたときに満足することが好ましい式である。

## 【0044】

先に、広範囲撮影により空間周波数が高くなる撮影においては350万画素以上が必要である旨を説明したが、この場合重要なことは、必ずしも解像可能画素単位に対応する空間周波数まで高いコントラストである必要はないことである。良像限界画素単位に対応する空間周波数までは高いコントラストを実現する必要があるが、それ以上の周波数は人間自身が高いコントラストで認識できないため、画像のコントラストが低下していくことは、画像のグラデーションを表現する



ことに何ら妨げにはならないのである。

【0045】

したがって、例えば解像可能画素単位と撮像素子の各画素が1対1の対応がある場合には、光学系の結像性能は、撮像素子の画素ピッチに対応する空間周波数、いわゆるナイキスト周波数においては、高いコントラスト性能は必ずしも必要ないことになる。

【0046】

また、解像可能画素単位よりも撮像素子の画素ピッチが小さい場合、すなわち、画像に必要な画素数以上の画素数を撮像素子が有している場合には、撮像素子の画素ピッチではなく、解像可能画素単位に対応する画素ピッチを考えれば十分である。

【0047】

さて、画素数の観点から、画素ピッチに視点を転じる。本発明者は、単に画素数を増やすことではなく、画素数をどのように増やすかについても言及する。また、そのときに光学系に求められる結像性能についても考察している。

【0048】

本発明では、画素数を増やす際に、撮像素子の画素ピッチを縮小化することにより、画素数を増やすことを提案している。そのことにより光学性能に及ぼす影響を示す。

【0049】

電子撮像系の場合、光学系の伝達関数で与えられるコントラストの画像が得られる訳ではなく、撮像素子の光電変換部、いわゆる撮像素子の開口部が有限の面積を持ち、そこで光量が平均化されるため、開口部の大きさに応じた伝達関数の劣化が起こる。

【0050】

簡単のため、開口部を矩形に近似すると、フーリエ変換により伝達関数の劣化は、図12に示すように、 $\text{sinc}$ 関数として表現できる。ただし、ピッチ間隔に対する開口部の大きさの面積比、いわゆる開口効率は70%としている。

【0051】

例えば、ピッチ間隔  $7.5 \mu\text{m}$ 、素子サイズ  $2/3$  インチ、約 100 万画素の撮像素子を用い、図 13 に示す MTF 特性を有する光学系で撮影する場合、開口での劣化を考慮した総合的な MTF 特性は図 14 のようになる（図 12 のピッチ間隔  $7.5 \mu\text{m}$  の曲線の値と、図 13 の曲線の値とを掛けたもの）。

## 【 0 0 5 2 】

そこで、前述の特性を考慮し、画素ピッチを  $5 \mu\text{m}$  に縮小化することによって同じ素子サイズで約 230 万画素を達成したとし、上記と同じ図 13 に示す MTF 特性を有する光学系を用いると、開口での劣化を考慮した総合的な MTF 特性は図 15 のようになる（図 12 のピッチ間隔  $5 \mu\text{m}$  の曲線の値と、図 13 の曲線の値とを掛けたもの）。

## 【 0 0 5 3 】

図 14、図 15 から明らかなように、画素ピッチを縮小化することによって、撮像素子開口部での伝達関数の劣化が抑制され、総合的な光学性能はむしろ高くなる。したがって、画素数の議論により適切な画素数を設定し、その画素数を画素ピッチの縮小化で達成することにより、光学系単体で保証すべき性能は、撮像素子開口部での伝達関数の劣化を前提として、劣化分を予め性能を上げておくことによってカバーするという従来の手法により予測したレベルよりも、落とすことが可能となる。

## 【 0 0 5 4 】

撮像装置の光学系に求められる性能は、検討の結果、前記の解像可能画素単位に対応する画素ピッチに対して、点像強度分布の 90% エンサークルドエネルギーの直径が 8 倍程度の大きさまで許容できることを見出した。これを越えると、コントラストの低下が著しく、前記良像限界画素単位に対する空間周波数での解像も得られなくなる（もちろん、光学性能が高いことを禁止するものではない）。

## 【 0 0 5 5 】

このように、条件（6）内とすることで、先の条件（3）とあいまって、良好なグラデーションの画像が得られる。つまり、高い光学性能でなくとも、高密度プリントを行うことで引き伸ばし倍率が下がり、プリントの画質が確保できる。

式(6)の下限の1.05を越えると、光学系の光学性能が高くなるため、画像は高画質になるが、構成するレンズ枚数を増やさないと所望の性能が得られなくなったり、あるいは、レンズ系の大きさを大きくして、各レンズで発生する収差量を抑制する等の対策が必要になり、何れにしてもレンズ系の低コスト化、小型化の点で不利である。あるいは、小さい製造公差を設けなければならなくなり、レンズ系のコストを下げるのが困難になる。若しくは、画素数が必要以上に多くなり、コスト高になってしまう。式(6)の上限の8.0を越えると、上記のように、コントラストの低下が著しく、良像限界画素単位(シャープな画像と認識できる立体角に対応する画素単位の大きさ)に対する空間周波数での解像も得られなくなり、高品位な画像が得られなくなる。

## 【0056】

式(7)の下限の0.0015mmを越えて画素ピッチが小さくなると、条件(6)を満足する光学レンズを製作することができなくなる。式(7)の上限の0.008mmを越えると、撮像装置を小型化できず、また、撮像素子が高コストなものになってしまう。

## 【0057】

また、条件(1)の上下限は、条件式の範囲内で変更可能であり、

$$(1-1) \quad 36.4^\circ < \omega_{w1} < 45^\circ$$

とすれば、より遠近感と光学系の収差補正とのバランスが図れるため、好ましい。

## 【0058】

また、条件(2)の上下限は、条件式の範囲内で変更可能であり、

$$(2-1) \quad -8^\circ \leq \omega_{w0} < 5^\circ$$

さらには、

$$(2-2) \quad -6^\circ \leq \omega_{w0} < 2^\circ$$

とすれば、より像の周辺部での画質が良好となり好ましい。

## 【0059】

また、条件(3)の上下限は、条件式の範囲内で変更可能であり、

$$(3-1) \quad 4 < N < 20 \quad [100万]$$

さらには、

$$(3-2) \quad 5 < N < 20 \quad [100万]$$

さらに、

$$(3-3) \quad 6 < N < 20 \quad [100万]$$

とすることでより、良好な画質が得られ好ましい。

【0060】

また、条件(4)の上下限は、条件式の範囲内で変更可能であり、

$$(4-1) \quad 30^\circ < \omega_{wI} + \omega_{wO} < 44^\circ$$

さらには、

$$(4-2) \quad 34^\circ < \omega_{wI} + \omega_{wO} < 43^\circ$$

とすると、光学系設計の困難さと必要な性能とをバランスさせることができ好ましい。

【0061】

また、条件(5)の上下限は、例えば以下に示す(5-1)、(5-2)、(5-3)のように条件式の範囲内で変更可能である。

【0062】

また、撮像面の大きさが小さい程結像光学系が小さくできる反面、設計が厳しくなる。そのため、有効画素数(若しくは最大記録画素数)を多めにとることで、結像光学系の性能を補填できる。また、撮像面の大きさは、光学性能と撮像素子との製造コストと画質とのバランスをとるために、撮像面の対角線長に応じて画素数を決定することが好ましい。

【0063】

具体的には、

$$(5-1) \quad 5\text{ mm} < D \leq 10\text{ mm}$$

のときは、

$$(3-4) \quad 3.5 < N \leq 6.5 \quad [100万]$$

を満足するとよい。さらに、上限を5.5とすると、なおよい。

【0064】

$$(5-2) \quad 10\text{ mm} < D \leq 16.5\text{ mm}$$

のときは、

$$(3-5) \quad 4.5 < N \leq 8.5 \quad [100万]$$

を満足するとよい。さらに、上限を7.5、さらには6.5とすると、なお一層よい。

【0065】

$$(5-3) \quad 16.5 \text{ mm} < D < 30 \text{ mm}$$

のときは、

$$(3-6) \quad 5.5 < N < 11 \quad [100万]$$

を満足するとよい。さらに、その上限を10.0、さらには9.5、さらには8.5とすると、なお一層よい。

【0066】

また、撮像面の対角長が30mm以上の場合について、

$$(5-4) \quad 30 \text{ mm} \leq D < 40 \text{ mm}$$

のときは、

$$(3-7) \quad 6.5 \leq N < 14.0 \quad [100万]$$

を満足するとよい。

【0067】

$$(5-5) \quad 40 \text{ mm} \leq D < 80 \text{ mm}$$

のときは、

$$(3-8) \quad 7.5 \leq N < 20.0 \quad [100万]$$

を満足するとよい。

【0068】

上記の条件(3-1)、(3-2)、(3-3)、(3-4)、(3-5)における上限を越えると、撮像素子の画素ピッチが小さくなり、製造が難しくなる。一方、下限を越えると、撮像面積に対する画素数が少なくなり、撮像素子の製造コストに対する性能のバランスが悪くなる。

【0069】

また、条件(6)の上下限は、条件式の範囲内で変更可能であるが、電子撮像装置におけるプリント像の鮮明さとコストとをバランスさせるためには、

(6-1)  $1.3 < \phi_w / P \times \sqrt{(3.5/N)} < 3.0$   
とすることが望ましい。

【0070】

また、条件(7)の上下限は、条件式の範囲内で変更可能であるが、

(7-1)  $0.002 < P < 0.007$  [mm]  
とすると、必要とされる画素数の確保と電子撮像素子の作りやすさの点でより好ましい。

【0071】

本発明の第5の撮像装置は、第1から第4の撮像装置において、前記結像光学系は無限遠物点の被写体に対して半画角が $36^\circ$ 以上となる広角端を含むズームレンズであることを特徴とするものである。

【0072】

特に、本発明の撮像装置は、電子撮像素子の画素数を十分確保することにより、良好な画像を得ることができるものであるから、例えば、変倍比が3倍以上のズームレンズ、5倍以上のズームレンズ、さらには10倍以上のズームレンズといった広角端における光学性能の維持が難しい結像光学系を用いた場合であっても、十分に鑑賞サイズの鮮鋭な風景写真を楽しむことができる。

【0073】

特に、結像光学系の変倍比Eが大きい程光学性能を高く保つことが難しくなるため、変倍比Eに対して以下のように画素数Nを対応させることが好ましい。

【0074】

2.  $3 < E < 5.1$  のとき、 $3.5 < N$  [100万] とすることが好ましい。

【0075】

5.  $1 \leq E < 10.0$  のとき、 $4.0 < N$  [100万] とすることが好ましい。

【0076】

10.  $0 \leq E < 20$  のとき、 $5.0 < N$  [100万] とすることが好ましい。

【0077】

なお、上述の画素数Nは電子撮像素子の有効画素数(単位100万)に限らず

、例えばハニカム画素を用いる場合は、信号処理による最大記録画素数（単位は100万）であってよいが、より自然な像再現のためには、画素数Nは電子撮像素子の有効画素数（単位100万）とすることが好ましい。

【0078】

本発明の第6の撮像装置は、第1から第3の撮像装置において、前記結像光学系は以下の条件（8）を満足する結像性能を有することを特徴とするものである。

【0079】

$$(8) \quad 1.5 < \phi_w / P < 8.0$$

ただし、 $\phi_w$  は略画面中心における絞り開口値F5.6、波長e-線での、光学ローパスフィルターによるローパス作用を除いた、光学系による点像強度分布の90%エンサークルドエネルギーの直径の大きさ（単位はmm）であり、前記結像光学系が変倍光学系の場合はその広角端における直径、Pは撮像素子の画素ピッチ（単位はmm）である。

【0080】

このように構成することで、上記の画面中心における絞り開口値F5.6、波長e-線での、光学ローパスフィルターによるローパス作用を除いた、光学系による点像強度分布の90%エンサークルドエネルギーの直径が、複数の画素にまたがることになり、ローパスフィルターの効果を得ることができる。下限の1.5を越えて小さくなると、ローパス効果が薄くなり、かつ、光学系の結像性能を高くする必要が生じる。一方、上限の8.0を越えると、シャープな映像を得ることが困難になってくる。

【0081】

より好ましくは、

$$(8-1) \quad 1.8 < \phi_w / P < 4.5$$

とするとよい。

【0082】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の撮像装置の実施の形態について説明する。

## 【 0 0 8 3 】

本発明に基づく撮像装置全体の構成は、図 1 に示すように、被写体の像を結像する光学系 1 0 と、その結像位置に配置された C C D 等からなる撮像素子 2 0 と、その撮像素子 2 0 で得られた画像信号を処理する信号処理回路 3 0 と、その信号処理回路 3 0 に接続され、撮像された画像データを記憶する記憶装置 4 0 と、信号処理回路 3 0 に接続され、撮像された画像を表示する表示装置 5 0 と、撮像された画像を出力するプリンター等の出力装置 6 0 とからなる。

## 【 0 0 8 4 】

また、光学系 1 0 は、図示しない複数の羽絞りを可動させることにより光学系 1 0 の光軸を中心として開口の大きさを可変に構成した開口絞り 7 0 を有している。この開口絞り 7 0 の開口の大きさ及び撮像素子 2 0 による露光時間を共に制御する露出制御回路 8 0 により、撮像素子 2 0 が読み取るべき光量が適正に制御される。

## 【 0 0 8 5 】

この開口の大きさ及び露光時間の組み合わせによる露出制御は、被写体の状態を測光して露出制御回路 8 0 により自動設定されるか、又は、使用者が任意に開口値又は露光時間を設定でき、それに合わせて露光時間又は開口値を自動制御するか、開口値及び露光時間も使用者の好みにより設定できるように構成されている。

## 【 0 0 8 6 】

図 1 1 は、撮像素子 2 0 の画素配列を示す図であり、画素ピッチ P で R, G, B の画素がモザイク状に配されている。図中に示す有効撮像面は、光学系の性能に合わせて、撮像素子 2 0 の全画素数よりも少ない画素数の領域に設定されている。D は、この有効撮像面の対角長である。また、この撮像面で受けた画像情報は信号処理回路 3 0 にて信号処理されるが、有効撮像面における画素数と同じ画素数で画像情報を記録するものとする。撮像素子 2 0 をハニカム画素配列とし、有効画素数よりも多い画素数で画像情報を記録する処理を行うようにしてもよい。以下に、主として光学系 1 0 に用いるレンズ系とその際に用いる撮像素子 2 0 に関する実施例 1、2、3 について説明する。



## 【0087】

## 実施例1

この実施例は、光学系10としてズームレンズを使用する実施例であり、撮像素子20としては、4/3インチで、有効撮像面は長辺17.6mm×短辺13.2mmを用い、対角線長Dが22.0mm、有効画素数645万画素（長辺2933×短辺2200）で、ピクセルサイズPが0.006mmのものをを用いる。

## 【0088】

光学系10を構成するレンズ系は、図2に広角端（a）、標準状態（b）、望遠端（c）の断面図を示すような構成のズームレンズ系であり、レンズ系と像面Iの間に撮像素子20のカバーガラス21、ローパスフィルター22、IRカットフィルター23等のフィルター類を構成する平行平板が配置されている。このレンズ系の数値データは後記するが、非球面を用いている。図8は、この実施例の広角端の光路図である。この実施例の広角端（a）、標準状態（b）、望遠端（c）の収差図を図3に示す。図中、SAは球面収差、ASは非点収差、DTは歪曲収差、CCは倍率色収差を示す。ただし、図中、“ $\omega$ ”は半画角を表している。以下の収差図においても同じ。

## 【0089】

また、開口値F4を越えた絞り値によって被写界深度をコントロールすることが可能で、小型低コストな撮像装置を得ることができる。

## 【0090】

なお、本実施例は、絞り開放時のFナンバーからF16近辺まで多段階に若しくは連続して開口の大きさが調整可能に構成されている。

## 【0091】

各条件式に対応する値は以下の通りである。

## 【0092】

$$\omega_{wI} = 36.49^\circ$$

$$\omega_{w0} = -7.2^\circ$$

$$N = 6.45 \text{ (} \times 100 \text{ 万画素)}$$

$$\omega_{wI} + \omega_{w0} = 29.29^\circ$$

$$D = 22 \text{ mm}$$

$$\phi_w = 0.012 \text{ mm}$$

$$P = 0.006 \text{ mm}$$

$$\phi_w / P \times \sqrt{(3.5/N)} = 1.473$$

$$E = 5.0$$

$$\phi_w / P = 2.0$$

【0093】

## 実施例 2

この実施例は、光学系 10 としてズームレンズを使用する実施例であり、撮像素子 20 としては、2/3 インチで、有効撮像面は長辺 8.8 mm × 短辺 6.6 mm で対角線長 D が 11.0 mm、画素数 645 万画素（長辺 2933 × 短辺 2200）で、ピクセルサイズ P が 0.003 mm のものを用いる。

【0094】

光学系 10 を構成するレンズ系は、図 4 に広角端 (a)、標準状態 (b)、望遠端 (c) の断面図を示すような構成のズームレンズ系であり、レンズ系と像面 I の間に撮像素子 20 のカバーガラス 21、ローパスフィルター 22、IR カットフィルター 23 等のフィルター類を構成する平行平板が配置されている。このレンズ系の数値データは後記するが、非球面を用いている。図 9 は、この実施例の広角端の光路図である。

【0095】

また、開口値 F4 を越えた絞り値によって被写界深度をコントロールすることが可能で、小型低コストな撮像装置を得ることができる。

【0096】

なお、本実施例は、絞り開放時の F ナンバーから F16 近辺まで多段階に若しくは連続して開口の大きさが調整可能に構成されている。

【0097】

各条件式に対応する値は以下の通りである。

【0098】

$$\omega_{wI} = 36.86^\circ$$

$$\omega_{w0} = -0.39^\circ$$

$$N = 6.45 \text{ (} \times 100 \text{ 万画素)}$$

$$\omega_{wI} + \omega_{w0} = 36.45^\circ$$

$$D = 11.0 \text{ mm}$$

$$\phi_w = 0.012 \text{ mm}$$

$$P = 0.003 \text{ mm}$$

$$\phi_w / P \times \sqrt{(3.5/N)} = 2.947$$

$$E = 10.2$$

$$\phi_w / P = 4.0$$

【 0 0 9 9 】

### 実施例 3

この実施例は、光学系 10 としてズームレンズを使用する実施例であり、撮像素子 20 としては、4/3 インチで有効撮像面の長辺 17.6 mm × 短辺 13.2 mm を用い、有効撮像面の対角線長 D が 22.0 mm、有効画素数 645 万画素（長辺 2933 × 短辺 2200）で、ピクセルサイズ P が 0.006 mm のものを用いる。

【 0 1 0 0 】

光学系 10 を構成するレンズ系は、図 6 に広角端 (a)、標準状態 (b)、望遠端 (c) の断面図を示すような構成のズームレンズ系であり、レンズ系と像面 I の間に撮像素子 20 のカバーガラス 21、ローパスフィルター 22、IR カットフィルター 23 等のフィルター類を構成する平行平面板が配置されている。このレンズ系の数値データは後記するが、非球面を用いている。図 10 は、この実施例の広角端の光路図である。

【 0 1 0 1 】

また、開口値 F4 を越えた絞り値によって被写界深度をコントロールすることが可能で、小型低コストな撮像装置を得ることができる。

【 0 1 0 2 】

なお、本実施例は、絞り開放時の F ナンバーから F16 近辺まで多段階に若し

くは連続して開口の大きさが調整可能に構成されている。

【0103】

各条件式に対応する値は以下の通りである。

【0104】

$$\omega_{w1} = 37.45^\circ$$

$$\omega_{w0} = -5.39^\circ$$

$$N = 6.45 \text{ (} \times 100 \text{ 万画素)}$$

$$\omega_{w1} + \omega_{w0} = 32.06^\circ$$

$$D = 22.0 \text{ mm}$$

$$\phi_w = 0.015 \text{ mm}$$

$$P = 0.006 \text{ mm}$$

$$\phi_w / P \times \sqrt{(3.5 / N)} = 1.842$$

$$E = 9.7$$

$$\phi_w / P = 2.5$$

【0105】

以下に、上記各実施例の光学系10の数値データを示すが、記号は上記の外、 $f$ は全系焦点距離(単位mm)、 $F_{N0}$ はFナンバー、 $\phi_S$ は絞り径(単位mm)、 $r_1$ 、 $r_2$ …は各レンズ面の曲率半径(単位mm)、 $d_1$ 、 $d_2$ …は各レンズ面間の間隔(単位mm)、 $n_{d1}$ 、 $n_{d2}$ …は各レンズのd線の屈折率、 $v_{d1}$ 、 $v_{d2}$ …は各レンズのアッベ数である。また、WEは広角端、STは標準状態、TEは望遠端を示す。なお、非球面形状は、 $x$ を光の進行方向を正とした光軸とし、 $y$ を光軸と直交する方向にとると、下記の式にて表される。

【0106】

$$x = (y^2 / r) / [1 + \{1 - P(y/r)^2\}^{1/2}] + A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8 + A_{10} y^{10}$$

ただし、 $r$ は近軸曲率半径、 $P$ は円錐係数、 $A_4$ 、 $A_6$ 、 $A_8$ 、 $A_{10}$ はそれぞれ4次、6次、8次、10次の非球面係数である。

【0107】

(実施例1)

$r_1 = 78.670$	$d_1 = 1.50$	$n_{d1} = 1.80518$	$\nu_{d1} = 25.42$
$r_2 = 44.526$	$d_2 = 8.70$	$n_{d2} = 1.49700$	$\nu_{d2} = 81.54$
$r_3 = 3874659.084$	$d_3 = 0.20$		
$r_4 = 38.299$	$d_4 = 5.50$	$n_{d3} = 1.62299$	$\nu_{d3} = 58.16$
$r_5 = 149.092$	$d_5 = (\text{可変})$		
$r_6 = 47.513$ (非球面)	$d_6 = 1.20$	$n_{d4} = 1.77250$	$\nu_{d4} = 49.60$
$r_7 = 10.705$	$d_7 = 5.90$		
$r_8 = -37.283$	$d_8 = 1.05$	$n_{d5} = 1.77250$	$\nu_{d5} = 49.60$
$r_9 = 11.991$	$d_9 = 3.50$	$n_{d6} = 1.84666$	$\nu_{d6} = 23.78$
$r_{10} = -159.526$	$d_{10} = 1.70$		
$r_{11} = -14.017$	$d_{11} = 1.20$	$n_{d7} = 1.77250$	$\nu_{d7} = 49.60$
$r_{12} = -38.158$	$d_{12} = (\text{可変})$		
$r_{13} = \infty$ (絞り)	$d_{13} = 0.65$		
$r_{14} = 17.453$	$d_{14} = 3.50$	$n_{d8} = 1.49700$	$\nu_{d8} = 81.54$
$r_{15} = -35.380$	$d_{15} = 0.20$		
$r_{16} = 19.943$ (非球面)	$d_{16} = 3.20$	$n_{d9} = 1.49700$	$\nu_{d9} = 81.54$
$r_{17} = -19.595$	$d_{17} = 1.00$	$n_{d10} = 1.80100$	$\nu_{d10} = 34.97$
$r_{18} = -170.727$	$d_{18} = (\text{可変})$		
$r_{19} = 15.606$	$d_{19} = 5.50$	$n_{d11} = 1.49700$	$\nu_{d11} = 81.54$
$r_{20} = -20.010$	$d_{20} = 1.00$	$n_{d12} = 1.77250$	$\nu_{d12} = 49.60$
$r_{21} = -3292.381$ (非球面)	$d_{21} = (\text{可変})$		
$r_{22} = -11.529$	$d_{22} = 1.50$	$n_{d13} = 1.54814$	$\nu_{d13} = 45.79$
$r_{23} = -35.763$	$d_{23} = 5.58$		
$r_{24} = 31.596$	$d_{24} = 3.50$	$n_{d14} = 1.63930$	$\nu_{d14} = 44.87$
$r_{25} = -1207.064$ (非球面)	$d_{25} = (\text{可変})$		
$r_{26} = \infty$	$d_{26} = 2.46$	$n_{d15} = 1.54771$	$\nu_{d15} = 62.84$
$r_{27} = \infty$	$d_{27} = 1.00$	$n_{d16} = 1.51633$	$\nu_{d16} = 64.14$
$r_{28} = \infty$	$d_{28} = 0.50$		
$r_{29} = \infty$	$d_{29} = 0.70$	$n_{d17} = 1.51633$	$\nu_{d17} = 64.14$

$$r_{30} = \infty$$

$$d_{30} = 0.99$$

$$r_{31} = \infty \text{ (撮像面)}$$

非球面係数

第 6 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 7.34440 \times 10^{-6}$$

$$A_6 = -5.47600 \times 10^{-8}$$

$$A_8 = 4.46078 \times 10^{-10}$$

$$A_{10} = -1.38040 \times 10^{-12}$$

第 1 6 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -3.25911 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = -2.24817 \times 10^{-9}$$

$$A_8 = -1.97658 \times 10^{-9}$$

$$A_{10} = 9.98600 \times 10^{-12}$$

第 2 1 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 6.35320 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = -3.26695 \times 10^{-8}$$

$$A_8 = 3.48949 \times 10^{-10}$$

$$A_{10} = 5.73630 \times 10^{-13}$$

第 2 5 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -1.33790 \times 10^{-6}$$

$$A_6 = -6.81344 \times 10^{-8}$$

$$A_8 = 5.84722 \times 10^{-10}$$

$$A_{10} = -2.06452 \times 10^{-12}$$

ズームデータ ( $\infty$ )

WE

ST

TE

f (mm)	14.871	33.685	74.184
F <sub>NO</sub>	3.50	4.00	4.50
d <sub>5</sub>	1.00	10.96	28.03
d <sub>12</sub>	11.15	3.93	1.00
d <sub>18</sub>	11.13	8.95	8.58
d <sub>21</sub>	4.10	8.92	11.19
d <sub>25</sub>	1.00	12.55	14.96
φ <sub>S</sub>	9.78	11.48	11.02

【 0 1 0 8 】

(実施例 2)

r <sub>1</sub> = 89.831	d <sub>1</sub> = 2.60	n <sub>d1</sub> = 1.84666	ν <sub>d1</sub> = 23.78
r <sub>2</sub> = 63.969	d <sub>2</sub> = 0.00		
r <sub>3</sub> = 64.105	d <sub>3</sub> = 9.17	n <sub>d2</sub> = 1.49700	ν <sub>d2</sub> = 81.54
r <sub>4</sub> = 479.847	d <sub>4</sub> = 0.20		
r <sub>5</sub> = 75.241	d <sub>5</sub> = 6.43	n <sub>d3</sub> = 1.60311	ν <sub>d3</sub> = 60.64
r <sub>6</sub> = 342.992	d <sub>6</sub> = (可変)		
r <sub>7</sub> = 959.971	d <sub>7</sub> = 1.80	n <sub>d4</sub> = 1.81600	ν <sub>d4</sub> = 46.62
r <sub>8</sub> = 18.842	d <sub>8</sub> = 5.38		
r <sub>9</sub> = -472.524	d <sub>9</sub> = 1.10	n <sub>d5</sub> = 1.73400	ν <sub>d5</sub> = 51.47
r <sub>10</sub> = 28.939	d <sub>10</sub> = 5.91		
r <sub>11</sub> = -29.210	d <sub>11</sub> = 1.20	n <sub>d6</sub> = 1.71300	ν <sub>d6</sub> = 53.87
r <sub>12</sub> = 100.546	d <sub>12</sub> = 0.15		
r <sub>13</sub> = 49.322	d <sub>13</sub> = 7.57	n <sub>d7</sub> = 1.63980	ν <sub>d7</sub> = 34.46
r <sub>14</sub> = -24.681 (非球面)	d <sub>14</sub> = (可変)		
r <sub>15</sub> = 1133.429	d <sub>15</sub> = 1.20	n <sub>d8</sub> = 1.78472	ν <sub>d8</sub> = 25.68
r <sub>16</sub> = 106.597	d <sub>16</sub> = 0.25		
r <sub>17</sub> = ∞ (絞り)	d <sub>17</sub> = (可変)		
r <sub>18</sub> = 20.155 (非球面)	d <sub>18</sub> = 5.10	n <sub>d9</sub> = 1.49700	ν <sub>d9</sub> = 81.54
r <sub>19</sub> = -94.742	d <sub>19</sub> = 0.18		

$r_{20} = 36.005$	$d_{20} = 1.14$	$n_{d10} = 1.80440$	$\nu_{d10} = 39.59$
$r_{21} = 13.506$	$d_{21} = 5.53$	$n_{d11} = 1.60311$	$\nu_{d11} = 60.64$
$r_{22} = -1129.492$	$d_{22} = (\text{可変})$		
$r_{23} = -72.560$	$d_{23} = 0.90$	$n_{d12} = 1.51633$	$\nu_{d12} = 64.14$
$r_{24} = 11.805$	$d_{24} = 2.93$	$n_{d13} = 1.84666$	$\nu_{d13} = 23.78$
$r_{25} = 16.801$	$d_{25} = (\text{可変})$		
$r_{26} = 91.913$	$d_{26} = 2.97$	$n_{d14} = 1.49700$	$\nu_{d14} = 81.54$
$r_{27} = -29.023$ (非球面)	$d_{27} = 0.15$		
$r_{28} = 48.863$	$d_{28} = 5.10$	$n_{d15} = 1.60311$	$\nu_{d15} = 60.64$
$r_{29} = -13.320$	$d_{29} = 0.85$	$n_{d16} = 1.84666$	$\nu_{d16} = 23.78$
$r_{30} = -48.001$	$d_{30} = (\text{可変})$		
$r_{31} = \infty$	$d_{31} = 16.00$	$n_{d17} = 1.51633$	$\nu_{d17} = 64.14$
$r_{32} = \infty$	$d_{32} = 1.00$		
$r_{33} = \infty$	$d_{33} = 2.60$	$n_{d18} = 1.54771$	$\nu_{d18} = 62.84$
$r_{34} = \infty$	$d_{34} = 1.00$		
$r_{35} = \infty$	$d_{35} = 0.75$	$n_{d19} = 1.51633$	$\nu_{d19} = 64.14$
$r_{36} = \infty$	$d_{36} = 1.24$		
$r_{37} = \infty$ (撮像面)			

非球面係数

第 1 4 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -8.95501 \times 10^{-9}$$

$$A_6 = 8.47476 \times 10^{-9}$$

$$A_8 = 1.67607 \times 10^{-11}$$

$$A_{10} = 0$$

第 1 8 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -1.75923 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = 4.44554 \times 10^{-9}$$



$$A_8 = -1.34515 \times 10^{-10}$$

$$A_{10} = 0$$

第 2 7 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -1.47160 \times 10^{-6}$$

$$A_6 = 1.54417 \times 10^{-9}$$

$$A_8 = -2.36290 \times 10^{-10}$$

$$A_{10} = 0$$

ズームデータ ( $\infty$ )

	W E	S T	T E
f (mm)	7.338	23.289	74.688
F <sub>NO</sub>	2.80	3.50	3.50
d <sub>6</sub>	1.36	31.07	61.33
d <sub>14</sub>	54.26	11.10	1.70
d <sub>17</sub>	17.42	8.86	1.03
d <sub>22</sub>	1.50	6.86	16.90
d <sub>25</sub>	6.86	6.18	6.82
d <sub>30</sub>	4.46	8.38	5.36
$\phi_S$	9.95	10.11	13.64

【 0 1 0 9 】

(実施例 3)

r <sub>1</sub> = 98.486	d <sub>1</sub> = 1.70	n <sub>d1</sub> = 1.80518	$\nu_{d1}$ = 25.42
r <sub>2</sub> = 48.098	d <sub>2</sub> = 9.50	n <sub>d2</sub> = 1.49700	$\nu_{d2}$ = 81.54
r <sub>3</sub> = -449.337	d <sub>3</sub> = 0.10		
r <sub>4</sub> = 41.194	d <sub>4</sub> = 5.95	n <sub>d3</sub> = 1.71300	$\nu_{d3}$ = 53.87
r <sub>5</sub> = 118.580	d <sub>5</sub> = (可変)		
r <sub>6</sub> = 41.612 (非球面)	d <sub>6</sub> = 1.50	n <sub>d4</sub> = 1.72916	$\nu_{d4}$ = 54.68
r <sub>7</sub> = 10.021	d <sub>7</sub> = 5.66		
r <sub>8</sub> = -21.370	d <sub>8</sub> = 0.70	n <sub>d5</sub> = 1.77250	$\nu_{d5}$ = 49.60

$r_9 =$	31.263	$d_9 =$	0.10		
$r_{10} =$	25.595	$d_{10} =$	3.55	$n_{d6} = 1.84666$	$\nu_{d6} = 23.78$
$r_{11} =$	-23.685	$d_{11} =$	1.08		
$r_{12} =$	-16.841	$d_{12} =$	0.70	$n_{d7} = 1.77250$	$\nu_{d7} = 49.60$
$r_{13} =$	-3028.008	$d_{13} =$	(可変)		
$r_{14} =$	$\infty$ (絞り)	$d_{14} =$	0.60		
$r_{15} =$	17.225	$d_{15} =$	2.75	$n_{d8} = 1.61772$	$\nu_{d8} = 49.81$
$r_{16} =$	-9104.928	$d_{16} =$	6.41		
$r_{17} =$	27.817 (非球面)	$d_{17} =$	5.00	$n_{d9} = 1.49700$	$\nu_{d9} = 81.54$
$r_{18} =$	-14.018	$d_{18} =$	0.55	$n_{d10} = 1.80518$	$\nu_{d10} = 25.42$
$r_{19} =$	-33.314	$d_{19} =$	(可変)		
$r_{20} =$	352.923	$d_{20} =$	4.20	$n_{d11} = 1.48749$	$\nu_{d11} = 70.23$
$r_{21} =$	-19.723	$d_{21} =$	13.68	$n_{d12} = 1.80100$	$\nu_{d12} = 34.97$
$r_{22} =$	-27.952 (非球面)	$d_{22} =$	(可変)		
$r_{23} =$	-24.739	$d_{23} =$	1.40	$n_{d13} = 1.80100$	$\nu_{d13} = 34.97$
$r_{24} =$	37.589	$d_{24} =$	3.25	$n_{d14} = 1.84666$	$\nu_{d14} = 23.78$
$r_{25} =$	-157.090	$d_{25} =$	0.10		
$r_{26} =$	43.407	$d_{26} =$	3.75	$n_{d15} = 1.49700$	$\nu_{d15} = 81.54$
$r_{27} =$	-93.811 (非球面)	$d_{27} =$	(可変)		
$r_{28} =$	$\infty$	$d_{28} =$	2.46	$n_{d16} = 1.54771$	$\nu_{d16} = 62.84$
$r_{29} =$	$\infty$	$d_{29} =$	1.00	$n_{d17} = 1.51633$	$\nu_{d17} = 64.14$
$r_{30} =$	$\infty$	$d_{30} =$	0.50		
$r_{31} =$	$\infty$	$d_{31} =$	0.70	$n_{d18} = 1.51633$	$\nu_{d18} = 64.14$
$r_{32} =$	$\infty$	$d_{32} =$	1.22		
$r_{33} =$	$\infty$ (撮像面)				

非球面係数

第 6 面

 $K = 0.000$  $A_4 = 1.02356 \times 10^{-5}$

$$A_6 = 2.95186 \times 10^{-9}$$

$$A_8 = -2.21364 \times 10^{-10}$$

$$A_{10} = 1.05286 \times 10^{-12}$$

第17面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -4.67672 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = -1.30812 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = 4.52729 \times 10^{-10}$$

$$A_{10} = -2.21549 \times 10^{-11}$$

第22面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 2.27047 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = -1.28307 \times 10^{-8}$$

$$A_8 = 4.31712 \times 10^{-11}$$

$$A_{10} = -9.83443 \times 10^{-14}$$

第27面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -4.11040 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = 1.18570 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = -2.52218 \times 10^{-10}$$

$$A_{10} = 2.96812 \times 10^{-13}$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	14.360	40.000	139.500
F <sub>N0</sub>	3.52	4.37	4.46
d <sub>5</sub>	0.97	15.78	40.00
d <sub>13</sub>	15.40	5.61	1.21
d <sub>19</sub>	1.00	10.90	26.60
d <sub>22</sub>	11.17	8.68	3.48

$d_{27}$	2.20	19.88	8.56
$\phi_S$	10.0	10.5	11.4

【 0 1 1 0 】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明によると、コンバージョンレンズを用いなくとも広い撮像範囲が得られると共に、空間周波数の高い風景等の撮影で鑑賞サイズに引き伸ばしてプリントした場合であっても、画面の中心部ないし周辺部まで十分な画質と鮮鋭感、被写体の遠近感が得られる電子撮像装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明に基づく撮像装置全体の構成を示す図である。

【図 2】

本発明の実施例 1 における光学系を構成するレンズ系の広角端 (a)、標準状態 (b)、望遠端 (c) の断面図である。

【図 3】

本発明の実施例 1 のレンズ系の広角端 (a)、標準状態 (b)、望遠端 (c) の収差図である。

【図 4】

本発明の実施例 2 における光学系を構成するレンズ系の広角端 (a)、標準状態 (b)、望遠端 (c) の断面図である。

【図 5】

本発明の実施例 2 のレンズ系の広角端 (a)、標準状態 (b)、望遠端 (c) の収差図である。

【図 6】

本発明の実施例 3 における光学系を構成するレンズ系の広角端 (a)、標準状態 (b)、望遠端 (c) の断面図である。

【図 7】

本発明の実施例 3 のレンズ系の広角端 (a)、標準状態 (b)、望遠端 (c)

の収差図である。

【図 8】

本発明の実施例 1 の広角端の光路図である。

【図 9】

本発明の実施例 2 の広角端の光路図である。

【図 1 0】

本発明の実施例 3 の広角端の光路図である。

【図 1 1】

本発明に基づく撮像装置の撮像素子の画素配列を示す図である。

【図 1 2】

撮像素子の開口部を矩形に近似した場合の伝達関数の劣化を示す図である。

【図 1 3】

光学系の M T F 特性を示す図である。

【図 1 4】

開口での劣化を考慮した総合的な M T F 特性を示す図である。

【図 1 5】

画素ピッチを縮小化した場合の総合的な M T F 特性を示す図である。

【符号の説明】

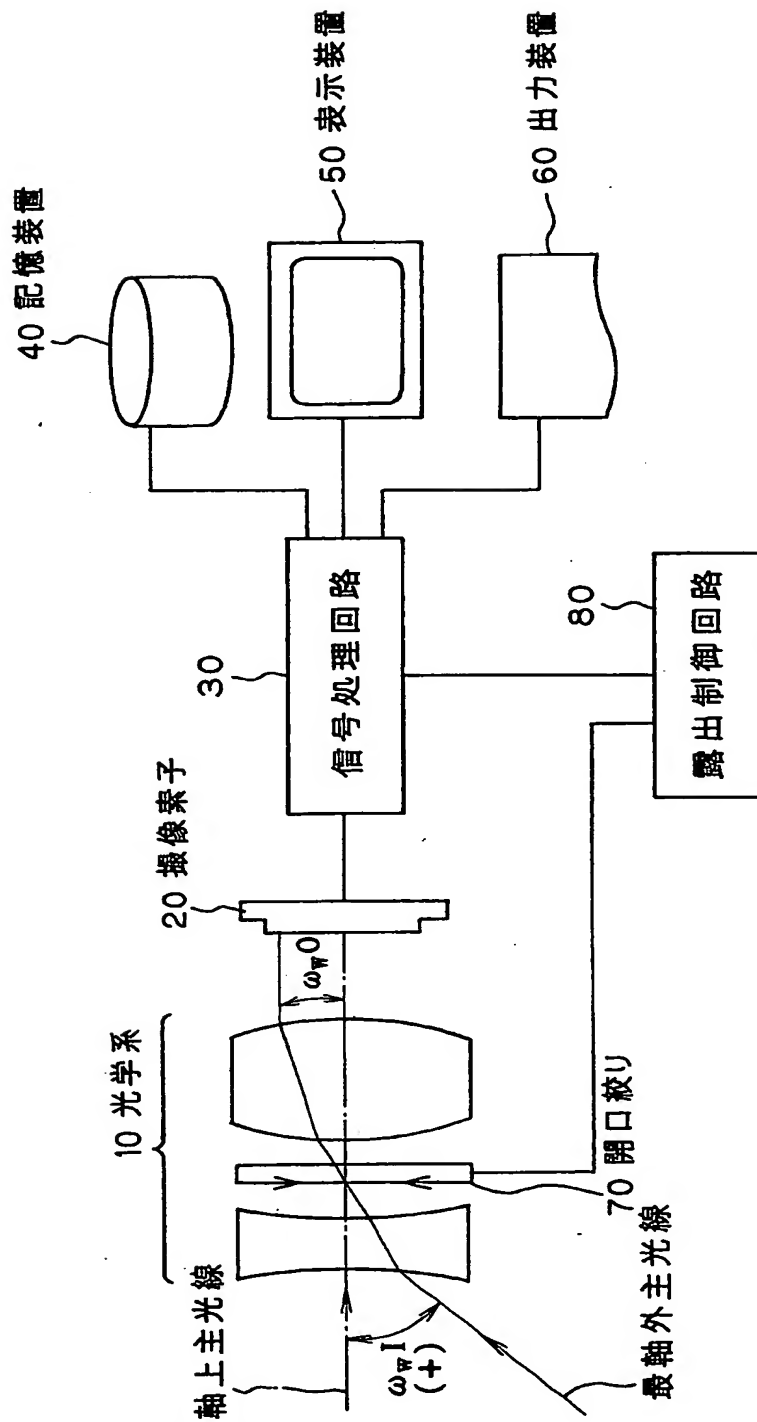
- 1 0 … 光学系
- 2 0 … 撮像素子
- 2 1 … カバーガラス
- 2 2 … ローパスフィルター
- 2 3 … I R カットフィルター
- 3 0 … 信号処理回路
- 4 0 … 記憶装置
- 5 0 … 表示装置
- 6 0 … 出力装置
- 7 0 … 開口絞り
- 8 0 … 露出制御回路

I … 像面

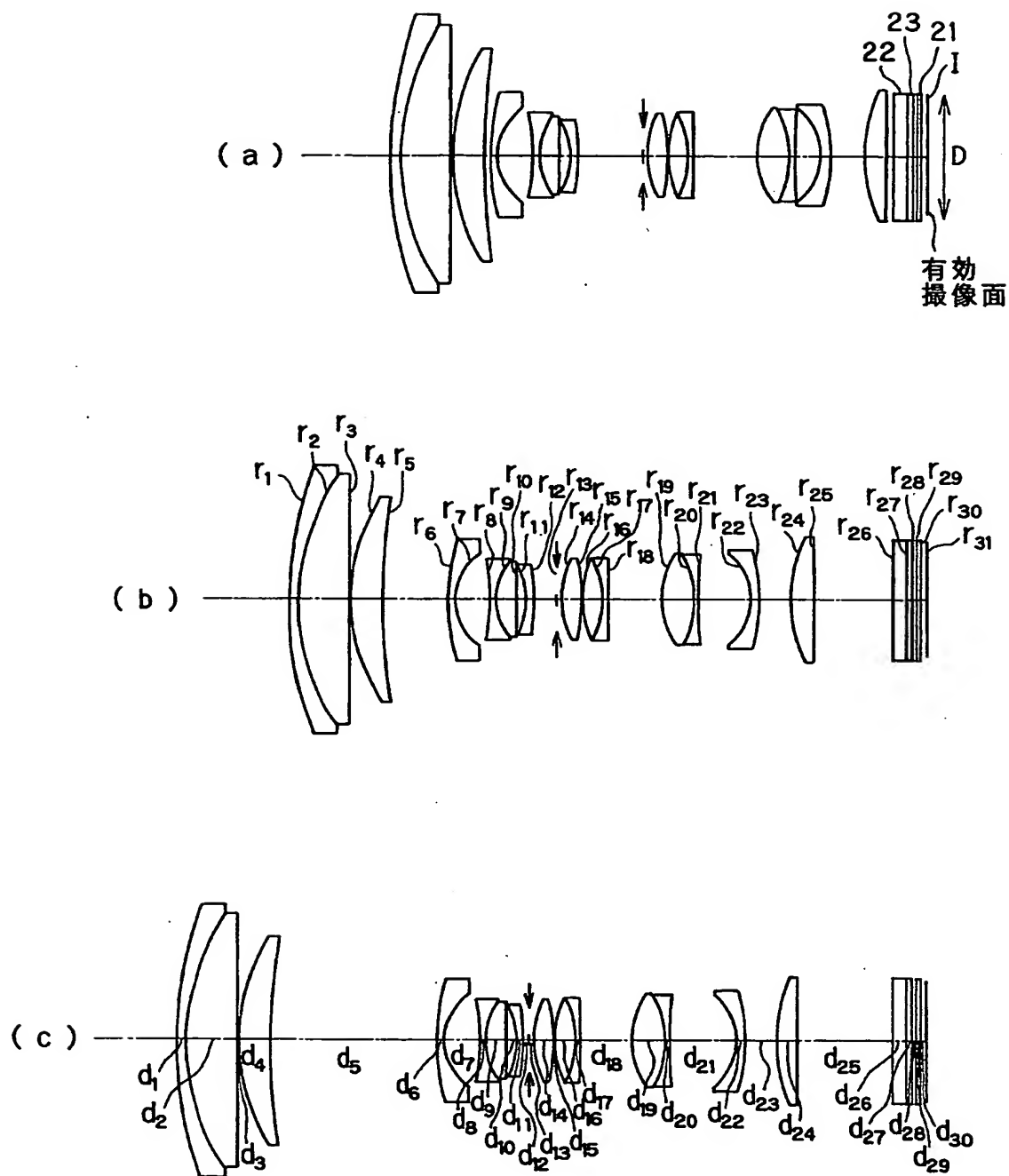
【書類名】

図面

【図 1】

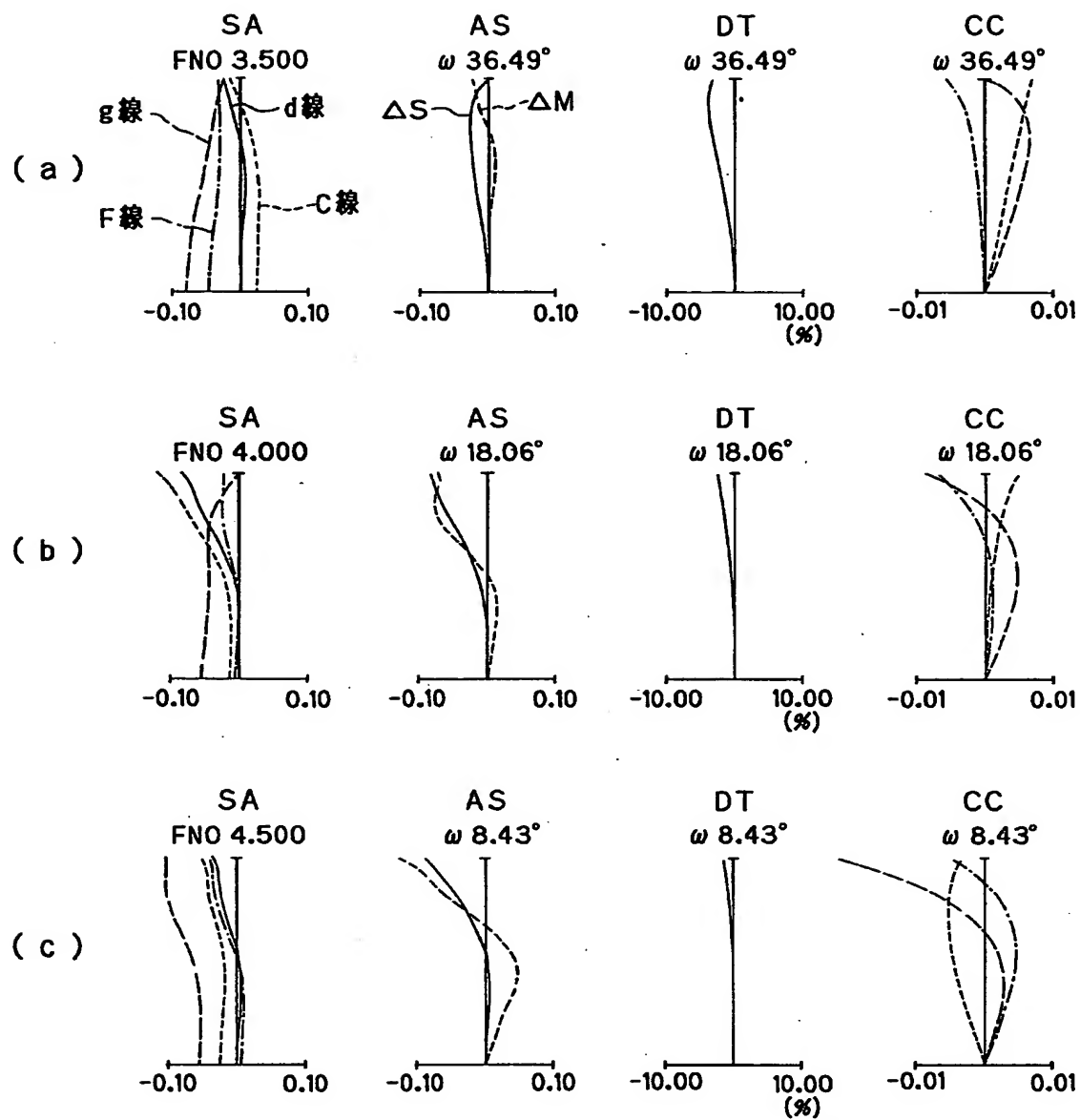


【图 2】

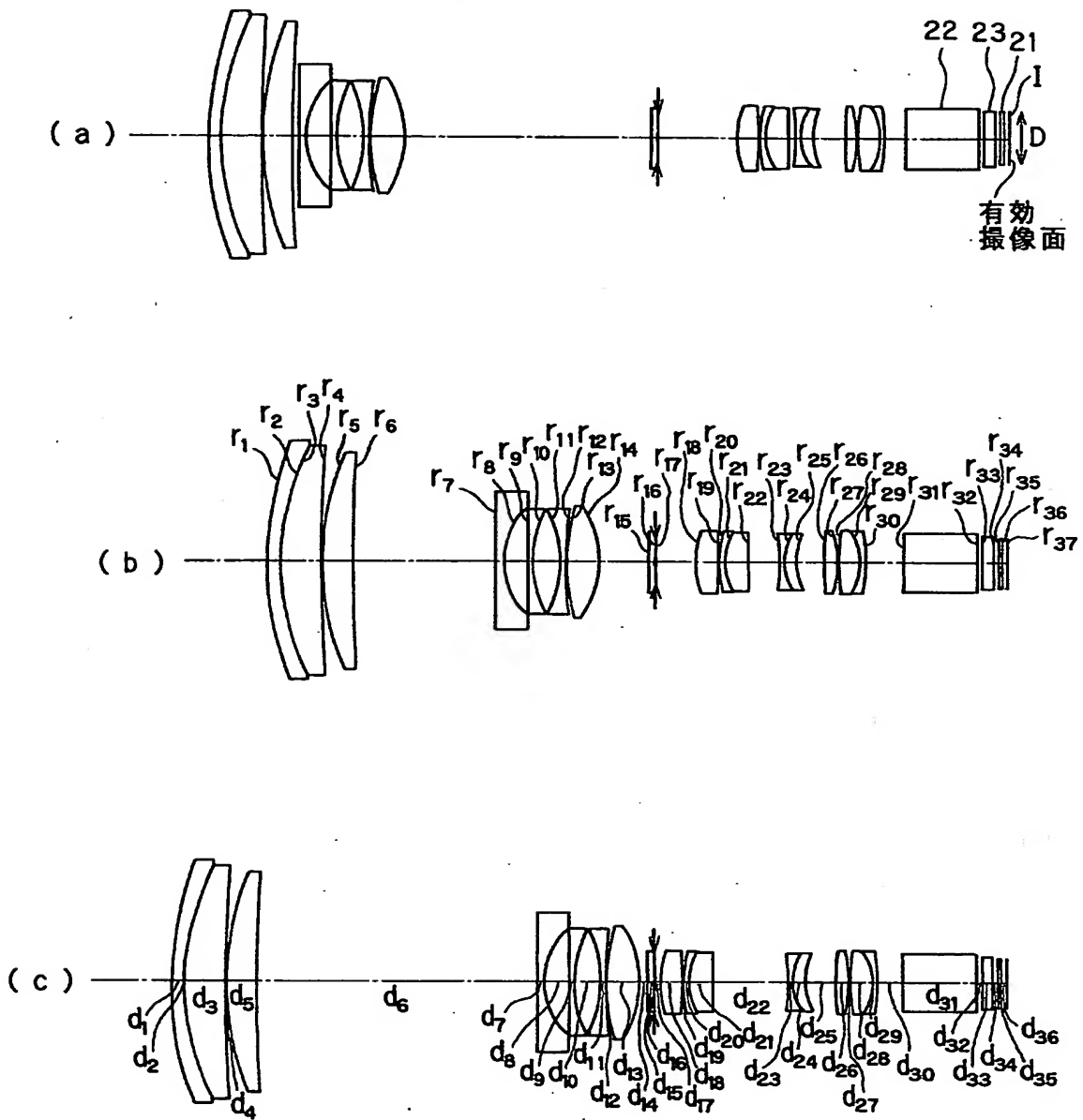




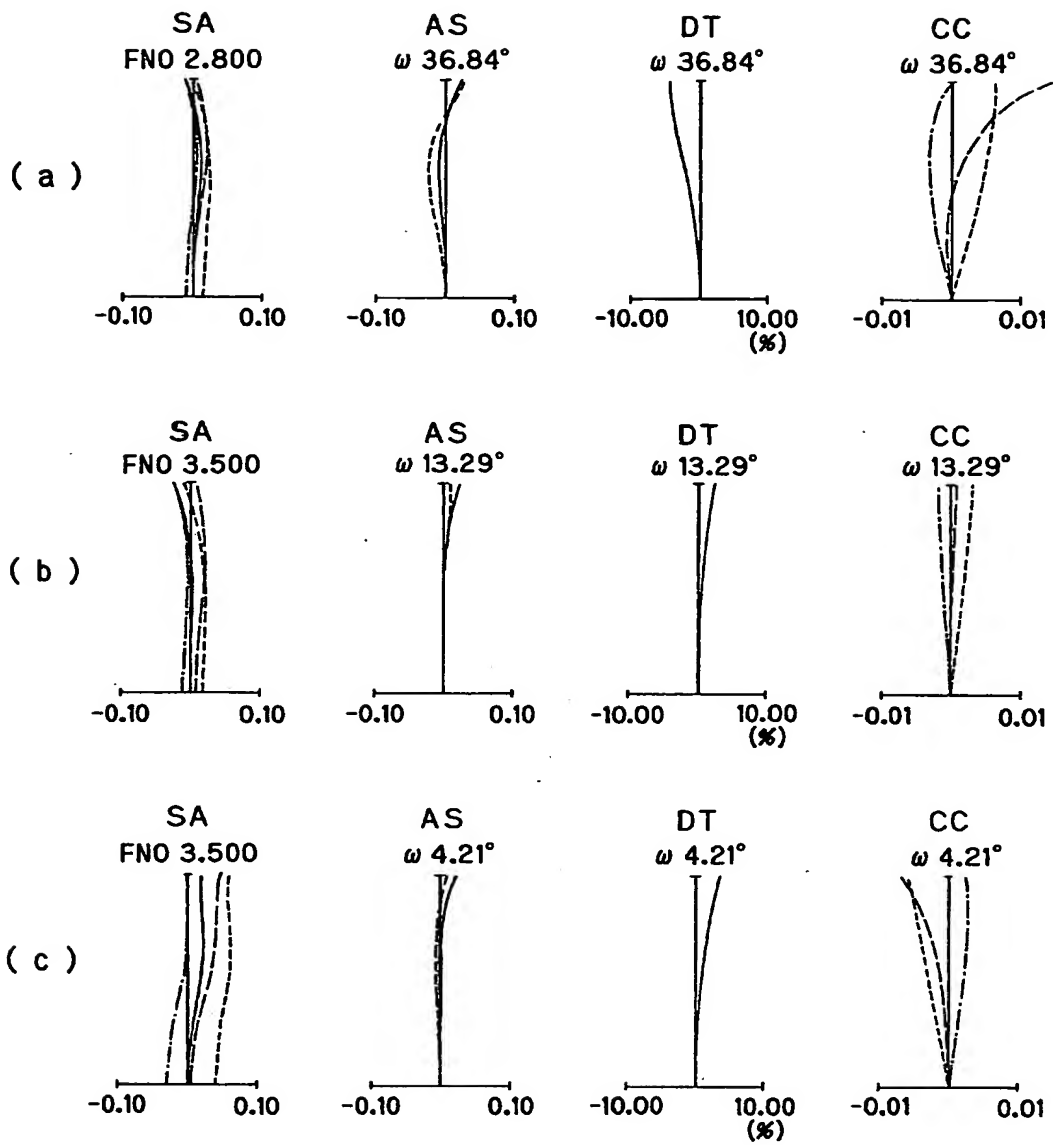
【図3】



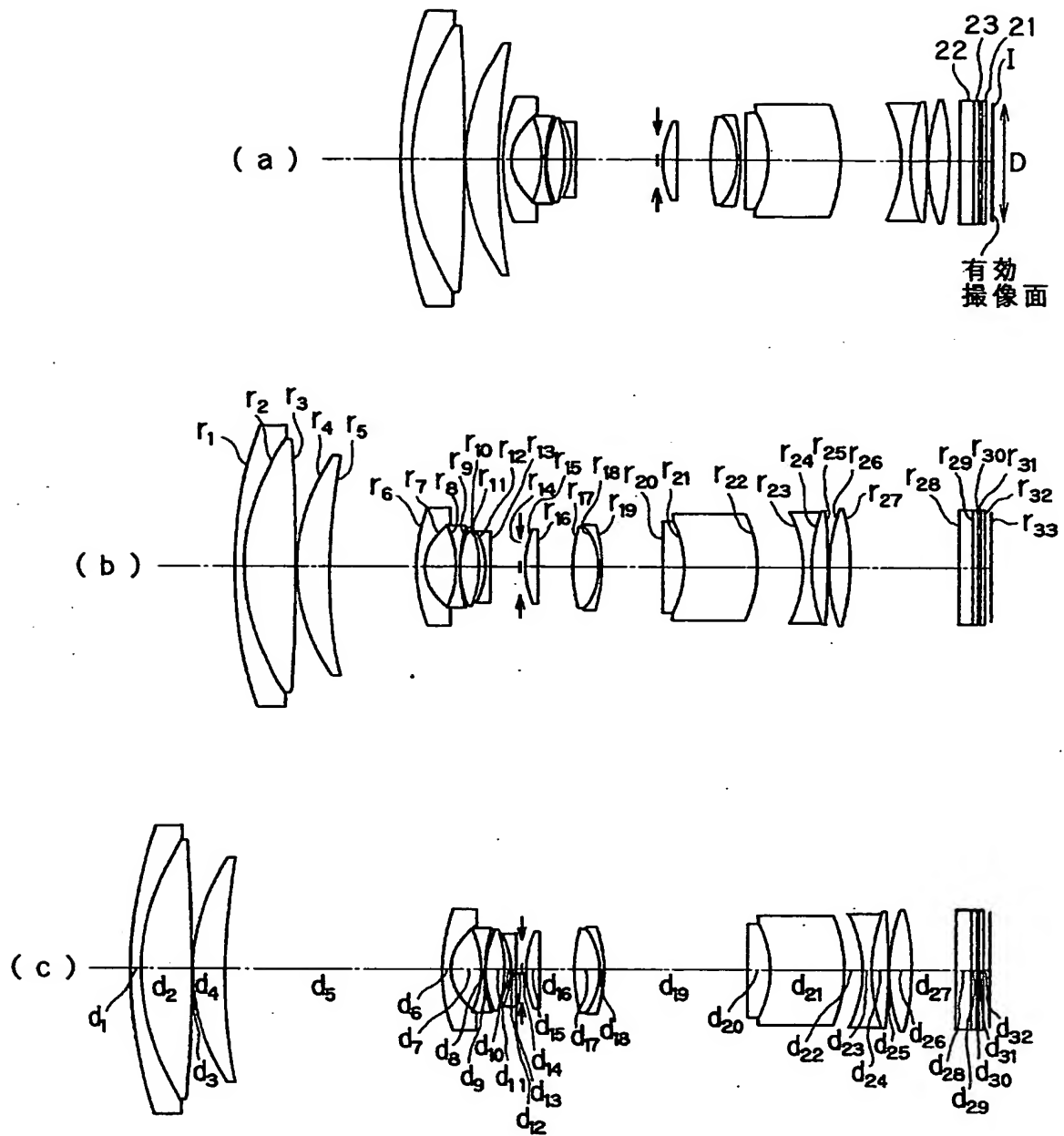
【图 4】



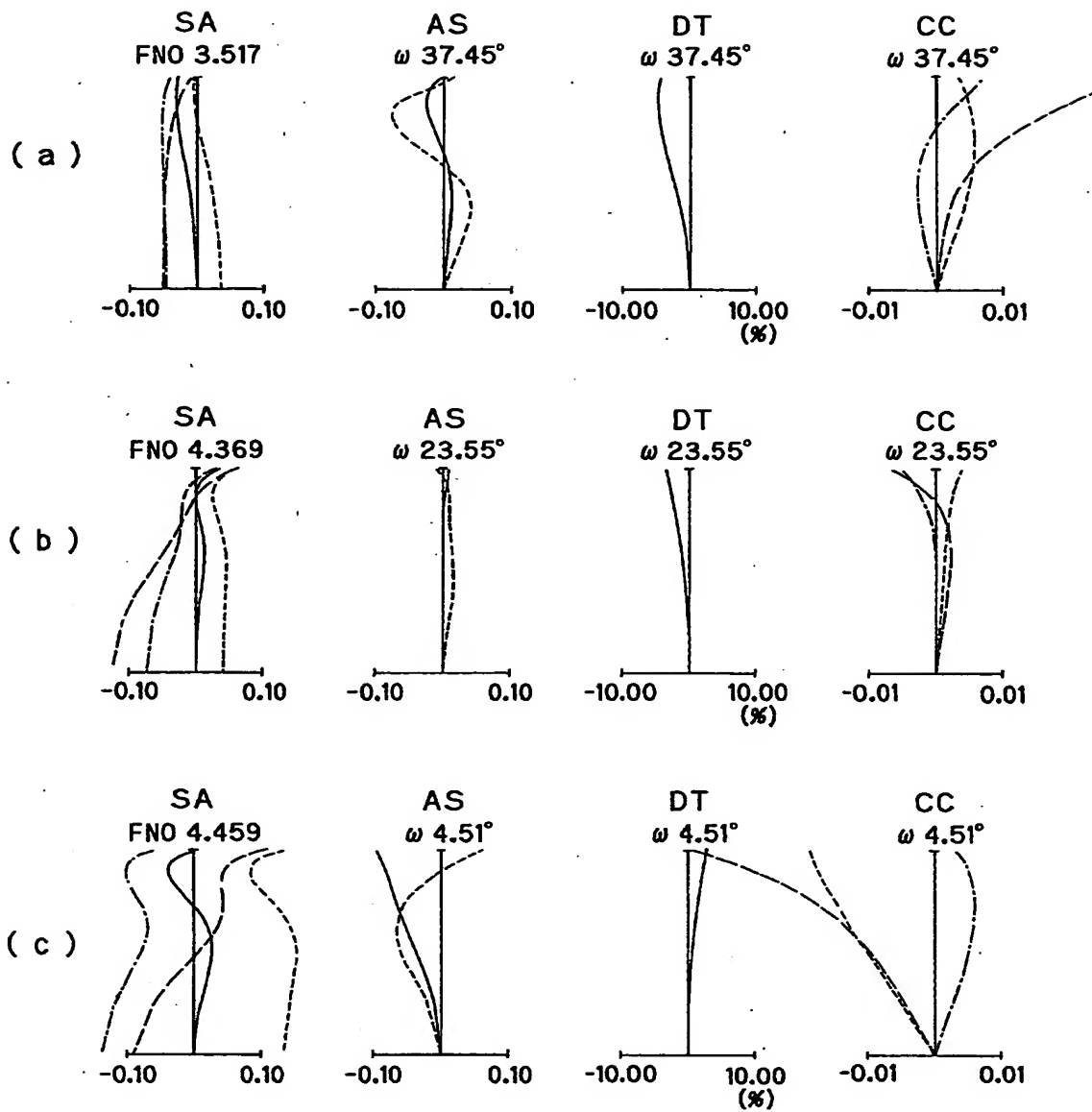
【図 5】



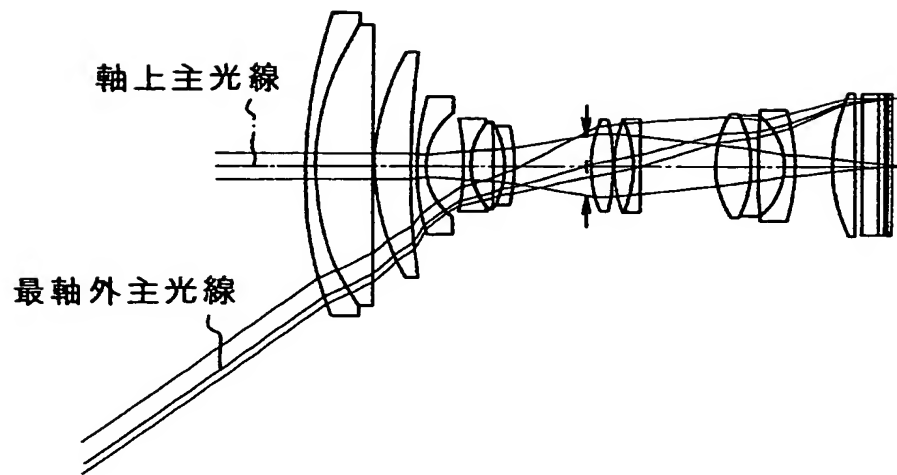
【図 6】



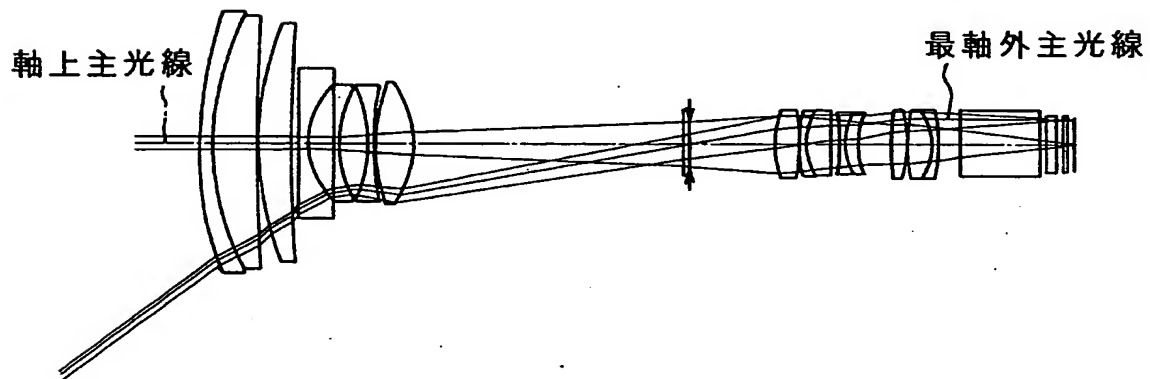
【図 7】



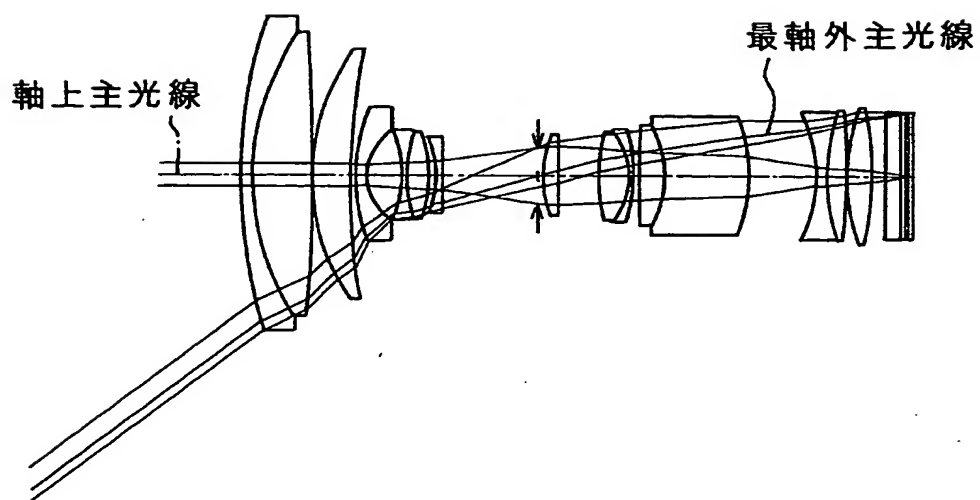
【図8】



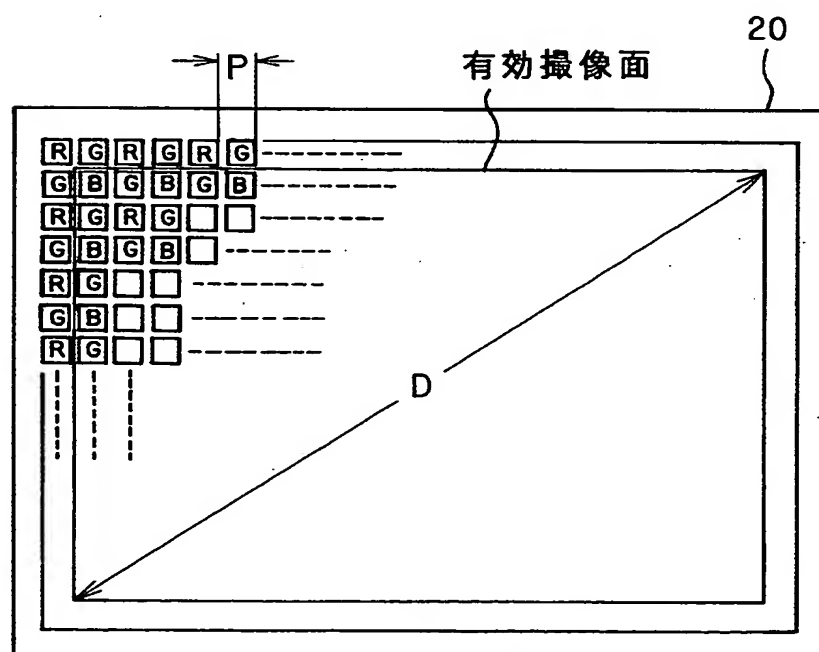
【図9】



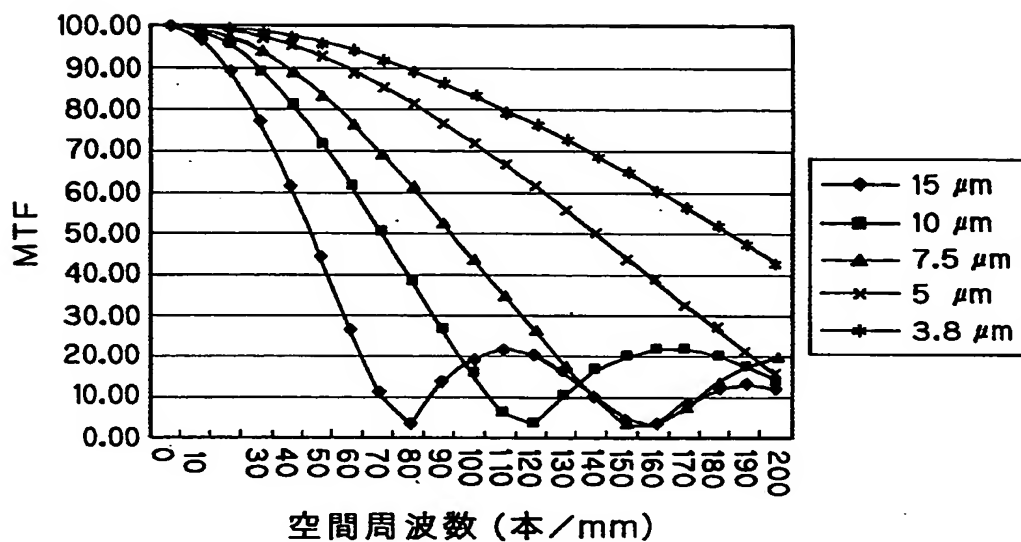
【図10】



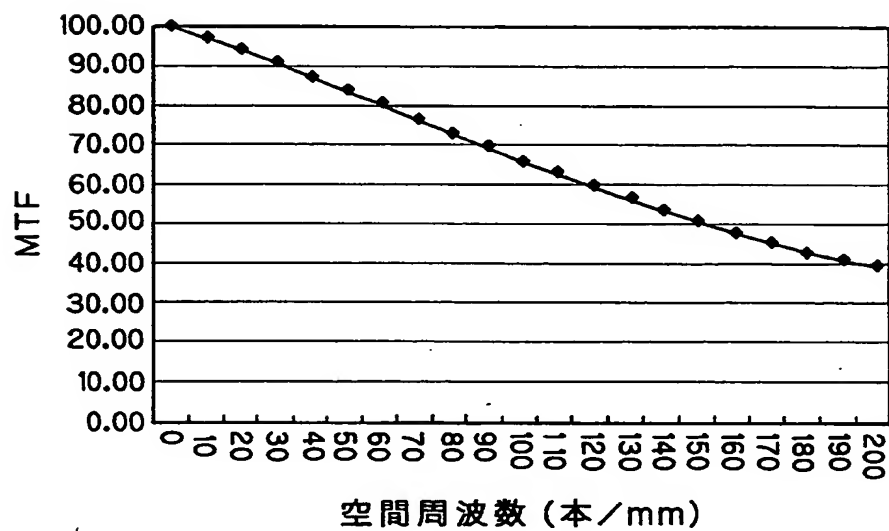
【図11】



【図 1 2】

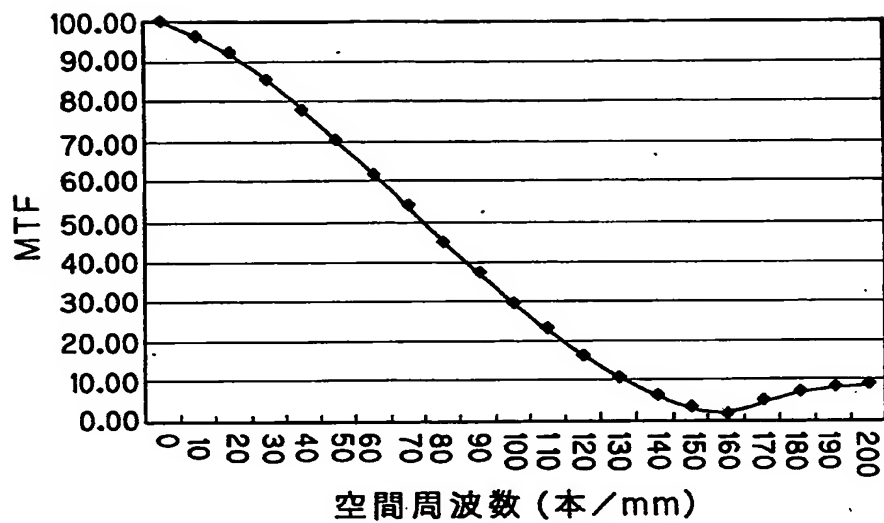


【図 1 3】

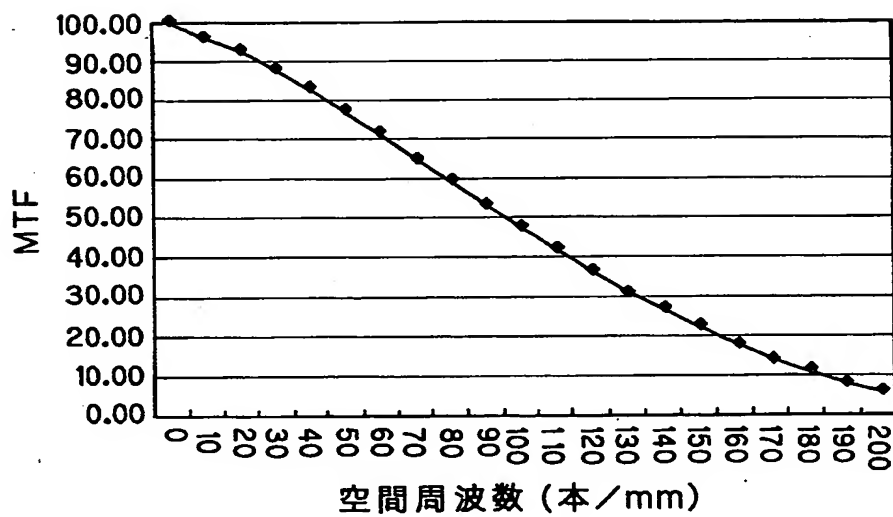




【図 14】



【図 15】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 広い撮像範囲が得られると共に、プリントした場合にも画面の中心部ないし周辺部まで十分な画質と鮮鋭感、被写体の遠近感が得られる電子撮像装置。

【解決手段】 被写体の像を形成する結像光学系 10 と、結像光学系 10 の像側に配され像の画像情報を得る電子撮像素子 20 とを有する撮像装置において、撮像素子 20 の撮像面上における最も軸外に入射する最軸外主光線と撮像面の中心に入射する軸上主光線とのなす角が、風景撮影に求められる遠近感、画面全体の鮮鋭感を得るのに適した画角を規定する条件（1）、撮像素子への入射光束を撮像面に対し略垂直に入射させる条件（2）を満足し、撮像素子 20 は撮像素子における有効画素数若しくは信号処理による最大記録画素数を規定する条件（3）を満足する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000000376]

1. 変更年月日 1990年 8月20日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

氏 名 オリンパス光学工業株式会社